



NOVO ESPALHADOR DE CHAMA PARA QUEIMADORES DE FOGÃO

Prêmio GLP de Inovação e Tecnologia 2018

Categorias

- Aplicações do GLP
- Projetos de instalações
- Meio Ambiente

Anton Skyrda Veríssimo
antonskyrda@yahoo.com.br

Sumário

Breve histórico dos profissionais	2
Problemas e Oportunidades	3
Plano de Ação, Objetivos, Metas e Estratégias	4
Implementação.....	6
Indicadores de desempenho	8
Conclusões e Considerações	8
Bibliografia.....	9

Breve histórico dos profissionais

Anton Skyrda Veríssimo – Doutor em Engenharia Mecânica e Pós-doutor da UTL-IST Lisboa e Pós-doutor da UNESP, especialista em combustão. Atualmente é o pesquisador responsável pelos projetos das empresas Thermojet/Æstus. Nos últimos 15 anos, dedicou-se ao estudo de tecnologias avançadas no processo de combustão; dentre elas está a combustão sem chama visível (Flameless Combustion). Tem atuado em projetos de otimização de sistemas de combustão que visam obter maior eficiência com baixas emissões de poluentes bem como no desenvolvimento de projetos de sistemas óticos para diagnóstico em combustão. Atua também em modelagem numérica de escoamentos reativos.

E-mail: antonskyrda@yahoo.com.br

Tel.: (11) 94118-6171

Daniel Solferini de Carvalho – Engenheiro Mecânico – Com experiência de 4 anos na Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), onde chegou ao cargo de Engenheiro Pleno, deixou a empresa com o intuito de realizar uma carreira própria de empreendedorismo. Na CSN, foi responsável por diversos projetos de melhorias de operação em equipamentos, destacando-se a coordenação de trabalho de análise térmica e ajuste de operação de regeneradores de altos fornos (regeneradores tipo Cowper), o que rendeu uma economia certificada de R\$ 1.396.500,00 por mês à empresa.

João Andrade de Carvalho Jr – Professor Titular – UNESP/Campus de Guaratinguetá – Engenheiro formado pelo ITA em 1976 e Ph.D. pelo Georgia Institute of Technology em 1983, foi pesquisador do INPE até 1998, quando se transferiu para a UNESP, onde se encontra até hoje. Pesquisador Nível 1ª do CNPq desde 1999, sempre dividiu seu tempo entre a docência, a pesquisa acadêmica e o apoio a atividades industriais na área de Combustão. Como pesquisador, possui 116 artigos listados no Scopus, com 1660 citações (em 28/07/2017), e orientou ou coorientou 24 teses de doutorado e 42 dissertações de mestrado. Na interação com indústrias, ministrou 53 cursos a empresas e participou de 43 projetos ou consultorias.

Problemas e Oportunidades

Atualmente nenhum fogão doméstico a gás comercializado do Brasil possui o artifício de uso do swirler (turbilhonador de chama). Nossos testes preliminares, realizados a partir de protótipos e instrumentos simples, demonstraram que o uso desse artifício pode gerar um rendimento de até 20% superior aos queimadores de fogão convencionais. A proposta deste projeto foi o desenvolvimento um queimador de fogão mais eficiente (em termos energéticos e emissivos) que os comercializados atualmente. Trata-se de um produto versátil, econômico e com baixas emissões de poluente que deve substituir facilmente o espalhador de um queimador convencional, sem alterar qualquer outro componente do fogão com GLP, ao contrário das modificações feitas ao se utilizar gás natural.

Os queimadores de fogão operam em sua maioria com gás liquefeito de petróleo. Hoje os queimadores são projetados para trabalharem com chamas de pré-mistura, ou seja, o combustível e o ar se pré-misturam antes que a combustão ocorra. Uma representação esquemática é apresentada na Figura 1. O GLP é injetado por um pequeno orifício e arrasta o ar ao seu redor para dentro do queimador, realizando a pré-mistura entre o GLP e o ar. Queimadores de fogão contam com um espalhador de chama, o qual tem por função distribuir o calor gerado pela chama. A combustão é dada na parte externa do espalhador, gerando e distribuindo calor no fundo do recipiente. Através de nossos estudos, verificamos que a maior parte do calor produzido pela chama não é transportado para fora devido a aerodinâmica do espalhador de chama, isso faz com que haja certo desperdício de combustível, sendo este o problema a ser resolvido pelo presente trabalho.

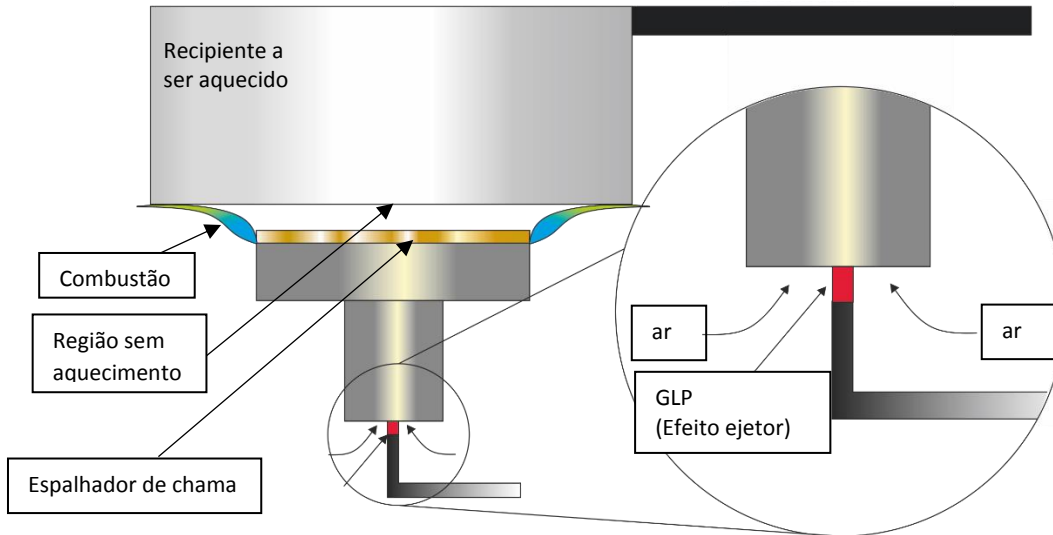


Figura 1 – Representação esquemática do funcionamento do queimador de fogão.

Conforme podemos observar na Figura 1, o espalhador de chama convencional faz com que boa parte do calor seja transportado para fora do recipiente. Nossas estimativas é que até 40% de todo calor gerado é desperdiçado devido a aerodinâmica do espalhador. A metodologia para a solução deste problema será descrita a seguir.

Plano de Ação, Objetivos, Metas e Estratégias

A ideia é fazer com que o calor gerado fique o maior tempo possível em contato com o fundo do recipiente. Assim, foi projetado um espalhador de chama no qual o próprio movimento dos gases quentes gerados pelo processo de combustão os arraste para o interior do espalhador. A representação aerodinâmica desse novo conceito é apresentada na Figura 2.

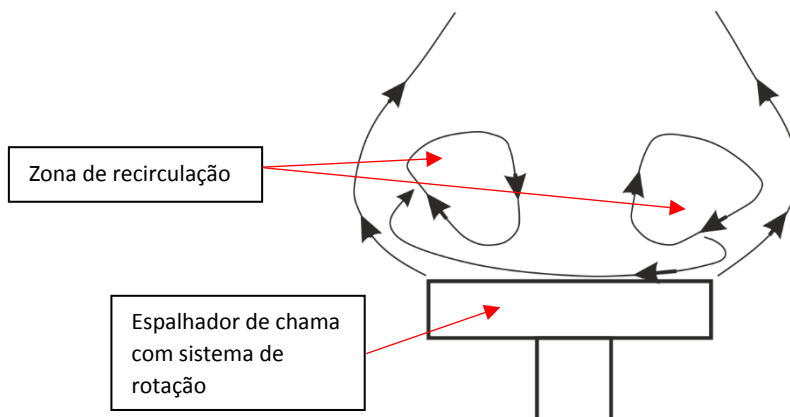


Figura 2 – Aerodinâmica do queimador de fogão com rotação.

A modelagem matemática para o projeto do espalhador é baseada na Figura 3. Todo o projeto foi baseado no parâmetro adimensional chamado número de SWIRL o qual indica a intensidade do giro do jato com rotação. De maneira mais direta, podemos definir como a razão do fluxo axial do momento angular e o produto do fluxo axial do momento axial pelo raio do queimador.

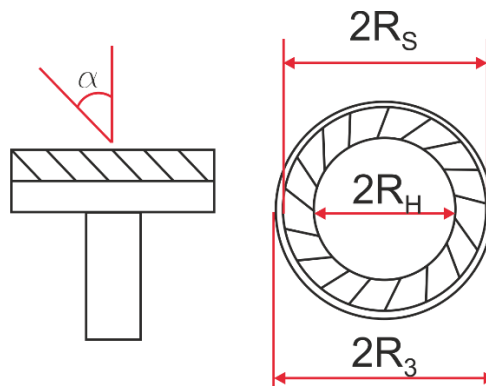


Figura 3 – Nomenclatura das partes do espalhador.

O número de swirl simplificado é dado a seguir:

$$S' = \frac{S'_s}{1 + M_r}$$

$$S'_s = \frac{G_\varnothing}{(R_3 + R_h)G'_x}$$

$$M_r = \left(\frac{m_c}{m_a}\right)^2 \left(\frac{\rho_a}{\rho_c}\right) \left(\frac{R_3^2 - R_a^2}{R_1^2}\right)$$

$$\frac{G_\varnothing}{G'_x} = \frac{2 \cdot CB \cdot \tan(\alpha)(R_s^3 - R_h^3)}{3(R_s^2 - R_h^2)}$$

$$CB = \frac{1}{1 - \sigma}$$

$$\sigma_b = \frac{(A_s - A_{ef})}{(A_3 - A_s)}$$

$$A_s = \pi(R_s^2 - R_h^2)$$

$$A_3 = \pi(R_3^2 - R_s^2)$$

$$A_{ef} = Z(R_s - R_h)(K - 2e)\cos(\alpha)$$

$$K = \cos(\pi/2Z)(R_s \text{ sen}(\pi/Z) + R_h (\tan(\pi/Z)))$$

onde:

S' : número de swirl simplificado

S'_s : Número de swirl do escoamento secundário

M_r : Razão das componentes axiais dos fluxos da quantidade de movimento linear dos escoamentos primário e secundário

G_{\varnothing} : Momento angular do fluxo axial ($\text{kg.m}^2/\text{s}^2$)

G_x : Momento axial do fluxo axial (kg.m/s^2)

m_c : Vazão mássica de combustível (kg/s)

m_a : vazão mássica de ar de combustão (kg/s)

R_r : Raio do tubo de escoamento do combustível (m)

ρ_a : Massa específica do ar de combustão (kg/m^3)

ρ_c : Massa específica do combustível (kg/m^3)

CB: coeficiente de bloqueio

α : Ângulo de inclinação da pá ($^\circ$)

σ_b : Fator de bloqueio

A_s : Área da coroa circular do swiler (m^2)

A_3 : Área anular entre o swiler e a parede do tubo (m^2)

A_{ef} : Área efetiva de escoamento do próprio swiler (m^2)

Z: número de pás

K: constante (m^2)

E: Espessura das pás (m)

Para o presente caso foi considerado um queimador com variação de 0.12 a 0.28 kg/h o que corresponde a uma carga térmica de 1,5 a 4 kW, considerando o poder calorífico inferior de 11.025 kcal/kg e $S' \cong 1,3$.

Implementação

Um espalhador de chamas com o novo conceito foi construído em aço inox de maneira a substituir o espalhador convencional de um queimador de fogão da residência do solicitante desta proposta. Os orifícios foram projetados de maneira a ter a mesma área e a produzir a mesma perda de carga do espalhador convencional. Com esses parâmetros, a vazão de gás e a aeração primária

foram mantidas constantes com a troca do espalhador. Isso efetivamente ocorreu porque um tubo em U com água, instalado no tubo de gás entre o botijão e o fogão, mostrou a mesma pressão de gás com o registro do queimador na mesma posição. A Figura 4a mostra o queimador e a Figura 4b o queimador funcionando com uma chama rotacional. A Figura 5 mostra o espalhamento da chama nos modos convencional e swirl. O queimador swirl operou estavelmente, sem retorno ou descolamento de chama.

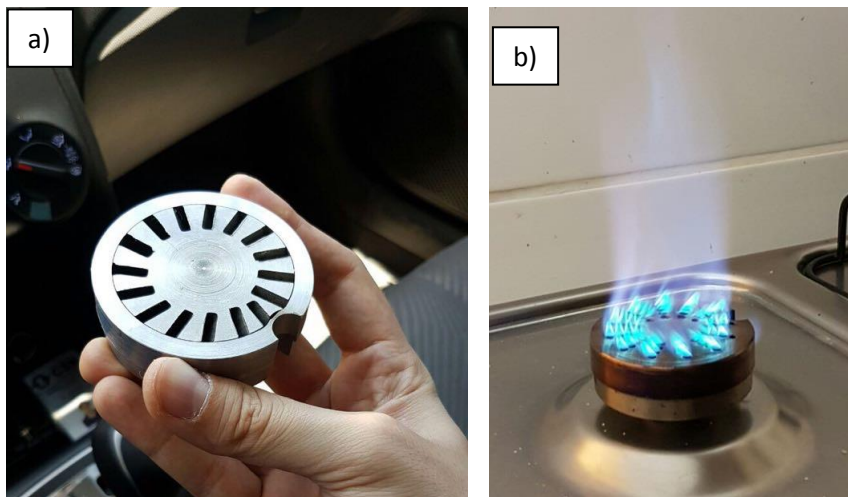


Figura 4 – Queimador com o novo espalhador de chama.

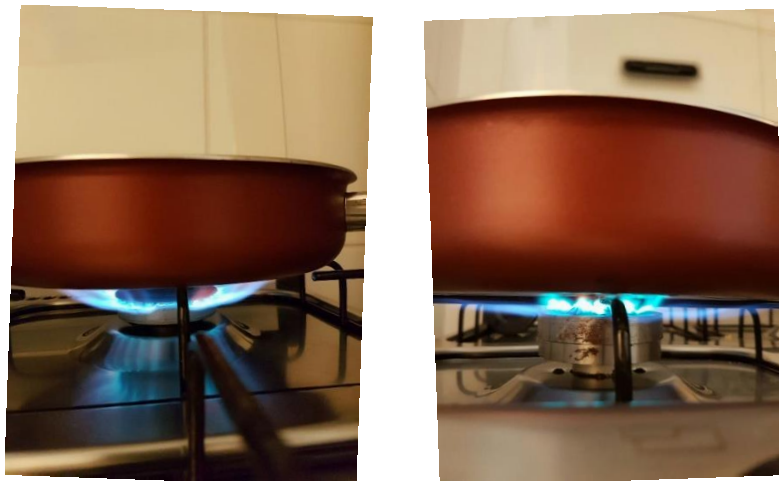


Figura 5 – Na imagem a esquerda um queimador com espalhador convencional e a direita o queimador com espalhador com efeito rotacional de chama.

Indicadores de desempenho

Os queimadores atuais do mercado possuem eficiência entre 55 e 67%. O resultado previsto deste desenvolvimento é a obtenção de espalhadores de chama para fogão doméstico que aumente este intervalo entre 15 e 20% dos valores atuais. A Figura 6 mostra o comportamento da temperatura da água em dois desses testes com a mesma quantidade de água na panela e a mesma vazão de gás. Neste caso, o tempo para se atingir a fervura foi 14 minutos para o queimador convencional e 11 minutos para o queimador swirl, indicando um ganho preliminar de $(1 - 11/14) \times 100\% = 21,4\%$, o que acompanha algumas das referências citadas na presente proposta.

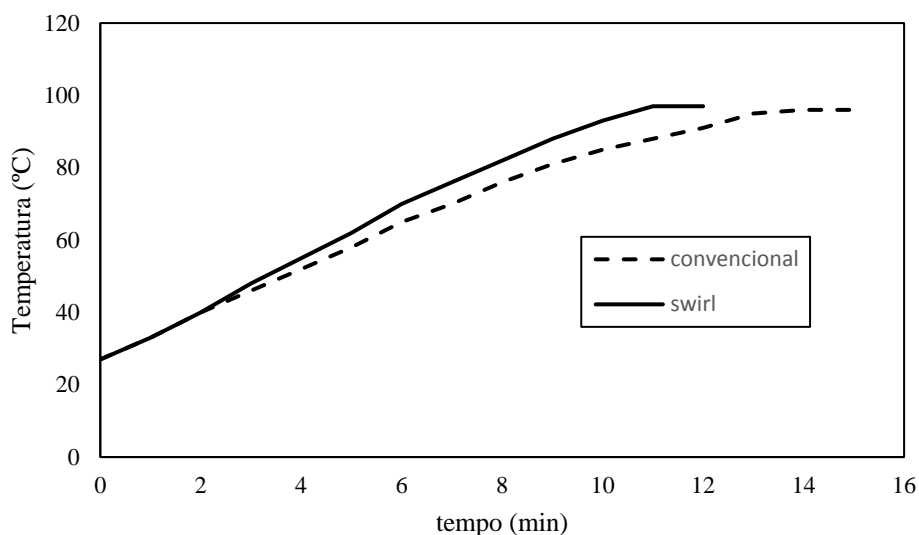


Figura 6 – Variação da temperatura com o tempo para queimador convencional (a) e queimador swirl (b).

Conclusões e Considerações

Um novo conceito de espalhador de chama para queimadores de fogão foi desenvolvido. O novo espalhador tem um desempenho de cerca de 20% mais eficiente que o convencional devido à sua aerodinâmica. Com o presente desenvolvimento pretende-se fornecer uma peça ao mercado que possa substituir facilmente um espalhador convencional de um fogão doméstico.

Bibliografia

Carvalho, J.A., Curso de Combustão Industrial, Cap. 9 – Combustão de Gases, 2017.

Deng, Y.; Wu, H.; Su, F., Combustion and exhaust emission characteristics of low swirl injector, *Applied Thermal Engineering*, 110, 171-180, 2017.

GRI (Gas Research Institute), Gas Interchangeability Tests - Evaluating the Range of Interchangeability of Vaporized LNG and Natural Gas, *Final Report*, GRI-03/0159, 2003.

Hou, S.S.; Lee, C.H.; Lin, T.H., Efficiency and emissions of a new domestic gas burner with a swirling flame, *Energy Conversion and Management*, 48, 1401-1410, 2007.

IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo), Curso de Informação sobre Combustíveis e Combustão, Rio de Janeiro, 1986.

Jugjai, S.; Rungsimuntuchart, N., High efficiency heat-recirculating domestic gas burners, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 581-592, 2002.

Lacava, P.T., Investigação Experimental do Enriquecimento do Ar na Incineração de Resíduos Aquosos, *Tese de Doutorado*, ITA, 2000.

NBR 13723-1, Aparelho doméstico de cocção a gás. Parte 1: Desempenho e segurança.

NBR 13723-2, Aparelho doméstico de cocção a gás. Parte 2: Uso racional de energia. Turns, S.R., *An Introduction to Combustion – Concepts and Applications*, McGraw-Hill, 2000.

Zhen, H.S.; Leung, C.W.; Wong, T.T., Improvement of domestic cooking flames by utilizing swirling flows, *Fuel*, 119, 153-156, 2014.